

トレーニング基本モデルに照らした実践的テーパリング - はたしてテーパリングは有効か? -

伊藤静夫¹⁾ 森丘保典¹⁾

1) 日本体育協会

1. はじめに

競技会に向け、すべての競技者は心身を最高の状態に準備して試合にのぞもうと努力する。おそらく古代オリンピックの時代から、その調整の善し悪しが競技成績を左右してきただろう。どのような調整の方法がよいのか。少なくとも、競技会直前までハードトレーニングを継続することはない。疲労が蓄積された状態でのぞめば、十分に実力を発揮できないからである。多くの競技者が、徐々にトレーニング負荷を落として調整する方法を採用している。調整法の呼び名はさまざまで、単に「調整」と言ってみたり「コンディショニング」あるいは「ピーキング」と言ったりする。最近では「次第にトレーニング負荷を軽減させる」様子になぞらえ、テーパリング (tapering; 先細る) という用語の使われることが多い。

呼び名は違っても、めざすところは競技会に向けて心身を最良の状態に仕上げてゆく方法という点で共通している。ただし、何をどのように調整したらよいか、その方法論は未だ手探りの状況にあると言っている。呼称が定まっていないことも、その現れであろう。

競技者はベストコンディションで競技会にのぞみたい。最高のパフォーマンスを発揮するためには、このトレーニングの最終局面がきわめて重要になってくるはずである。それにもかかわらず、スポーツの現場においても、また学術的見解においてもこの最終局面の全体像は必ずしも明瞭になっていない。休めばなぜ機能が向上するのか、休めばせっかく高めたトレーニング効果が失われないか、そうした素朴な問いにどこまで答えられるのか、それらを明らかにするのがまずはこの分野の研究に求められるところであろう。

近年、この最終局面の調整法について先の「テー

パリング」という用語を用いて、生理学的な観点からの研究が盛んに行われるようになってきた。この種の研究が進むにつれ、研究への関心は単一の生理学的因子にとどまらず、内分泌機能、免疫機能あるいは心理的因子などさまざまな分野に向けられる。否応なく、単一の分析的研究から総合的な視点をもった研究が希求されるようになる。競技能力が複合的な要素による総合的な生体機能であることを考えれば、至極当然のことと言えよう。それは、とりも直さずテーパリングをトレーニング理論という大局的な枠組みの中で捉え直すべきことを暗示していることでもあろう。

そこで本稿では、おもに陸上競技の中長距離種目を題材として、トレーニング理論の基本モデルに基づいてテーパリングの構造を再検討し、その妥当性を検討するためにこれまでの研究結果を概括してみた。はたしてテーパリングが実践的知見になり得るか、実践的立場と科学的エビデンスの両面から検証してみることにする。

2. テーパリングの実践

テーパリングの重要性に初めて言及したランナーとしては、1920年代に活躍したウルトラマラソンのアーサー・ニュートンがあげられよう (Noakes, 2001)。ニュートンは、すでにこの時代においてレース前における休養の重要性を認識しており、レースまでの準備期間として3週間は必要であると書き記している。また、1954年世界で初めて1マイル4分の壁を破ったロジャー・バニスターは、レース前の4日間を休養にあてていたといわれる。競技会を前にしてトレーニング負荷を少ずつ落として準備する方法は、陸上競技に限らず多くのスポーツにおいて古くから行われてきたものである。また、特に意図せず偶然にテーパリングを経験し、そ

表1 走種目におけるテーパリングの効果

論文	年	テーパリング 日数	パフォーマンス		VO2max
			種目	増減 %	
Houmard et al.	1989	10	トレッドミル走行テスト	↔	↔
Houmard et al.	1990	21	5km室内レース	↔	↔
Shepley et al.	1992	7	トレッドミル走行テスト	↑ 6~22	↔
McConnell et al.	1993	28	5km室内レース	↓ -1.2	↔
Flynn et al.	1994	21	トレッドミル走行テスト	↔	-
Houmard et al.	1994	7	5kmタイムトライアル	↑ 2.8	↔
Child et al.	2000	7	ハーフマラソン	↔	-
Mujika et al.	2000	6	800mレース	↔	-
Mujika et al.	2002	6	800mレース	↑ 0.4~1.9	-
Harber et al.	2004	28	8kmレース	↑ 1.1	↔
Luden et al.	2010	21	8kmレース	↑ 3	↔

れが好成績につながったという例もある。ヘルシンキオリンピックにおいて5,000m、10,000m、マラソンの3種目制覇を成し遂げたチェコのエミール・ザトペックにはこんな逸話がある。1950年のヨーロッパ選手権を前に、激しいトレーニングによって体調を崩し、2週間の入院を余儀なくされたという。ようやく退院できたのはレースのわずか二日前であったが、5,000m、10,000mの二種目制覇を達成した。このザトペックの逸話は、レース前の休息の重要性を説く事例として伝えられることとなった。おそらく、これに類するエピソードを多くの競技者は経験していることであろう。

このように、テーパリングは古くから多くの経験に裏打ちされたものとして実践されてきた。しかしそれでも、競技者にとってテーパリングを実施する際には一抹の不安がよぎることも否定できない。トレーニング負荷を軽減したり休止したりすれば、やがてはそれまでのトレーニング効果が失われ、パフォーマンスの低下を招くことも危惧されるからである。単にトレーニング負荷を軽減すればよいはずのテーパリングではあるが、上記の二律背反がその実行を難しくしているのではないだろうか。はたして、トレーニング負荷を落としてもプラスの効果を得られるのであろうか。

3. テーパリングのパフォーマンスへの効果

こうした観点からテーパリングの効果を実験的に検証した研究は、すでに1970年代から自転車、競泳、トライアスロン、スキーなどさまざまなスポーツを対象に行われてきた。そのうち、表1は陸上競技の中長距離についてのテーパリング効果を示したものである。テーパリング期間は1〜4週間とかなり幅があり、またパフォーマンス効果をみる手段としても実験的なテストから実際のレースまで多岐にわたっている。したがって、このような実験方法上の違いを考慮しなければならないが、ここであげた

11例のうちテーパリング後にパフォーマンスが低下した例は1例しかなく（テーパリング期間が4週間と例外的に長い）、それ以外はパフォーマンスが向上したものと変化がなかったものとが相半ばしている。他のスポーツ種目でも概ね同様の結果であり、テーパリング効果の実験的検証を総括すれば、テーパリングによってパフォーマンスはある程度向上することを期待してよいだろう。逆に、テーパリングによってパフォーマンスが低下する恐れは少ないとみてよい。

ただし、テーパリングのパフォーマンスへの効果については、従来の実験的成績から評価するには自ずと限界があることも認識しておきたい。テーパリング効果は、実際の競技場面、しかもめざすメジャー競技会へ向け最大限の努力を傾注したときにこそ、その真価が現れるものである。テーパリング期間やトレーニング負荷の設定方法などについて具体的な方策を比較検討した実験研究も盛んに行われているが（Bosquet L, 2007 ; Meur YL, 2012 ; Mujika I, 2004）、生体現象を個別に分析して得られた具体的な数値の情報は、以上の理由から実践的知見にはなり得ないだろう。したがって、そうした数値に拘泥する必要はない。むしろ、こうした実験的知見はテーパリングの大枠の理論的根拠を確立する上で有用になるものと考えられる。村木（1994）は、スポーツ科学とトレーニングの実践的理論との関係を次のように述べている。「スポーツ諸科学は、トレーニングの実践的体験を前提とする理論的考察に基づいた実践的理論から提起される諸問題に対して、客観的で定量的な情報を相互補完的に提供することで、真に有用なスポーツ理論の一部を形成し得るようになるであろう」。競技会に向け、あえてトレーニング負荷を低下させてゆくことで高いパフォーマンスが得られる。なぜ、そうなるのか。古くから多くの競技者が経験してきた事実から提起される素朴な疑問である。その問題提起にかなう実践的理論の構築がもとめられ、科学的研究はその裏付けとなる根拠を

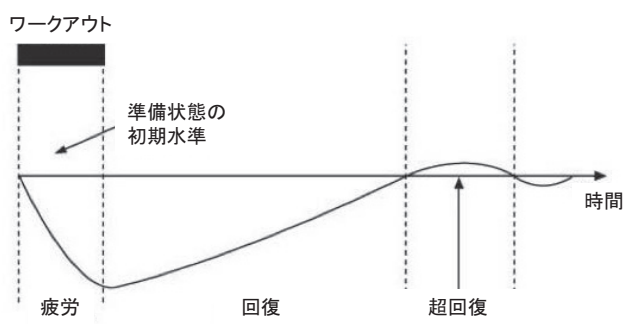


図1. 超回復モデル

提示する。そうした一連の作業によってはじめて、テーパリングと言うトレーニングの最終局面が実践にたりえる有用な理論になると考えるのである。

そこで、まずはテーパリングをトレーニング理論という枠組みの中で、どのように位置づけることができるのかを考えてみたい。

4. トレーニングの基本モデルとテーパリング

4-1 超回復モデル

図1は、トレーニングの古典的モデルとも言うべき超回復モデルの概念図である。縦軸は、トレーニング効果の状態をあらわす抽象概念であるが、具体的には、例えばエネルギー源となるグリコーゲンの蓄積量を当てはめてもよい。トレーニング刺激により貯蔵グリコーゲンは消耗し、このことはマイナスに振れた疲労にも見立てられる。次に、休息と食事によってグリコーゲンが回復し、その蓄積量は代償作用によって以前の水準をわずかに上回ることが期待できる。この、以前より少し上回った状態を「超回復」と定義した。そして、超回復の残存した累積がトレーニング効果となる。

トレーニングの超回復モデルは、トレーニング効果が現れる過程を一つのまとまった事象として概念化して提示したものである。このモデルは、生命現象の分子生物学的な解釈からも説明できる。福岡伸一(2007)の表現を借りれば、「生命とは動的平衡にある流れである」と表現し、分子レベルでの生命現象を総体的な立場から解説している。すなわち、「生体システムはその中身を絶えず入れ替えながら外見上は何ら変わらない動的平衡の流れのなかに存在する。生体の構成要素であるタンパク質が動的平衡のなかで次々に入れ替わる。そして、タンパク質はタンパク質同士の相補性によって納まるべき位置を知り、納まって行く。ただし、その相補性は固定されたものではなく、言わばわずかな間隙を持ち、そこ

へたんばく質は微妙に形を変え、欠落したところを補うかのようにふるまい動的平衡を保つ」。福岡の説明する動的平衡のダイナミズムは、ちょうどトレーニングの超回復に相通ずるものと理解できる。

さらにテーパリングの効果も、図1のイメージ通り、この超回復モデルで説明できる。テーパリングのねらいは、トレーニングによって生じた疲労を休息によって回復させ、さらに超回復を得ることによって従前のパフォーマンスレベルをさらに引き上げようとするところにある。テーパリングとは、超回復モデルの最も典型的な事例なのである。

そして、これまでの実験的検証は、研究者が意識すると否とにかかわらず、結果的にこの古典的トレーニング理論に基づいて行われていたといえよう。ただし、図1の古典的なトレーニング理論は一要因で説明するため、いきおい要素還元論にならざるを得ず、全体像が見えにくくなる。言うまでもなくトレーニング効果とりわけテーパリング効果は正負合わせ持つ複合的な結果として現れるものであり、そうした多様な側面を説明できるモデルが一方で求められてきた。

4-2 体力-疲労モデル

生体システムあるいはパフォーマンスを多面的、総合的に見ようとする動きは、むしろスポーツ科学の黎明期に盛んであった。我が国の運動生理学の生みの親とも言われる猪飼道夫(1973)は1970年代、すでにパフォーマンスをプラス要因の体力とマイナス要因の疲労で説明し、体力と疲労は表裏の関係であることを説いていた。ただし、その後のスポーツ科学は方法論として実験的検証が主流になり、いわゆる要素還元論に終始してきたことは皮肉な現象と言わなければならない。

そうした中であって、一要因で説明する従来の超回復モデルでは生体システムの多様な変化を説明するにはそぐわないという考え方から、トレーニング効果を2要因で説明しようとするモデルが提示された。Zatsiorskyら(1995)は、トレーニングによる準備状態を「体力」と「疲労」の2要因で説明するために、図2のようなモデルを提唱した。すなわち、トレーニングおよびその後の回復過程という一連のプロセスにおいて、身体の準備状態は「体力」というプラス要因と「疲労」というマイナス要因の2要因の相互作用によって決定され、その結果としてパフォーマンスが表出されると考えたのである。

さらに別の観点からも、同様の2要因モデルが提唱されている。Banisterら(1975)は、数学的な着

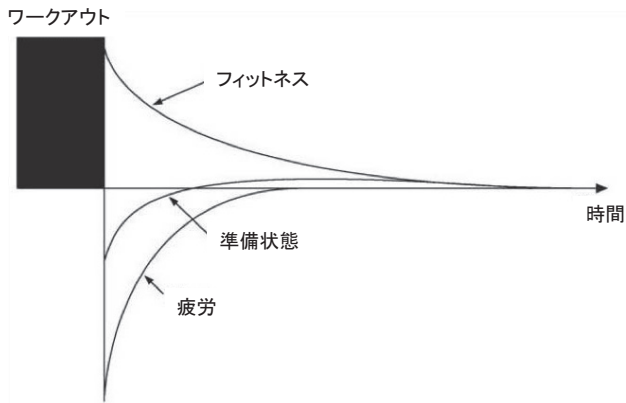


図2. フィットネス-疲労モデル
(Zatsiorsky, 1995)

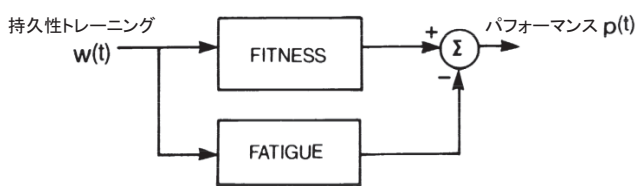


図3. トレーニングとパフォーマンスにおける2要因モデル (Morton, 1990)

想からこの2要因モデルを説明しているのである(図3; Morton, 1990)。ここでは、トレーニング刺激を入力系とし、その結果、プラス要因の「体力」とマイナス要因の「疲労」が派生し、この2要因の総和(Σ)が出力となってパフォーマンスが発現する、としている。式で表せば、

$$\text{パフォーマンス} = \text{体力} - \text{疲労}$$

期せずして、図2および図3に示された二つの2要因モデルが提示された。式にあらわせば簡潔明瞭であるが、いずれもパフォーマンスの背景として体力および疲労という正負異なるベクトルをもつ2要因を位置づけたところに特徴がある。40年以上前に猪飼が提唱したモデルに通底するものと言える。

このように、身体パフォーマンスを体力と疲労の2要因から説明する考え方は決して新しいものではないが、トレーニング効果に関してはともすればプラス要因の体力が注目されてきたことも否めない。それは、体力要因の方が研究対象として把握しやすかったことと無縁ではないだろう。しかし今日、ようやくマイナス要因である疲労への関心が高まってきた。研究方法が飛躍的に発展し、細胞レベル、遺伝子レベルで生体現象が観察できるようになったからである。その典型事例がオーバートレーニングである。過剰なトレーニングがマイナスに影響することも古くから競技者の経験するところ

であったが、科学的研究によってその全体像が明らかにされその存在が具体的に認識されるようになった。オーバートレーニングを防止しなければならないという明確な目的意識も生まれた。トレーニング効果と言うプラスの側面のみならずマイナス効果の回避という方向に目が向けられることになる。テーパリングに関する研究も、そうした流れの中にある。

4-3 オーバーリーチとテーパリング

エリート競技者ともなれば、極限までパフォーマンスを向上させようと努力する。反面、過剰なトレーニング負荷によってオーバートレーニングのリスクも増すことになる。つまり、トレーニング過程はプラス効果(体力)とマイナス効果(疲労)のせめぎ合いとなる。その様相をあらわすためには、やはり上記の2要因モデルが適している。

ところで、オーバートレーニングとは、過剰なトレーニングストレスによって慢性疲労に陥り、内分泌機能や免疫機能をはじめとする生体の諸機能に支障をきたし、回復までには長期の休養期間を要するものと捉えられている。当然、競技会への参加もおぼつかなくなり、せっかくのトレーニング効果もたちまち失われてしまう。しかし、オーバートレーニングに陥る前段階で回復をはかれば、一時的な機能低下にとどめておくことも可能である。この前段階の状態を、オーバートレーニングとは別にオーバーリーチングとして定義する。一時的に(2週間以内)競技成績が低下した状態ではあるが、多少なりともトレーニング現場で派生する現象であり、適切な回復処置を講ずれば比較的短期間(2週間)で回復することが期待できる。

テーパリングとは、このオーバーリーチの状態からの回復過程にほかならない。その意味で、オーバーリーチの状態と慢性疲労であるオーバートレーニングとを区別しておくことが重要になる。競技会へ向けてのテーパリングを時間軸にそって2要因モデルで表現してみたものが図4である。トレーニング負荷を高めて行けば、体力向上効果とともにそれに見合った疲労蓄積も避けられない。したがって、程度の差こそあれオーバーリーチの状態に至る。しかしこれは、その後に超回復を生み出し競技会時に高いパフォーマンスを得るためには、あえて必要とされる前段階であると理解しておきたい。ただし、そのためには適切なテーパリングによる回復期間が必須となる。そのまま高強度のトレーニングを継続すれば、疲労蓄積はさらに増大し、さらなるパフォーマンスの低下を招くだろう。またこの状態が続けば、

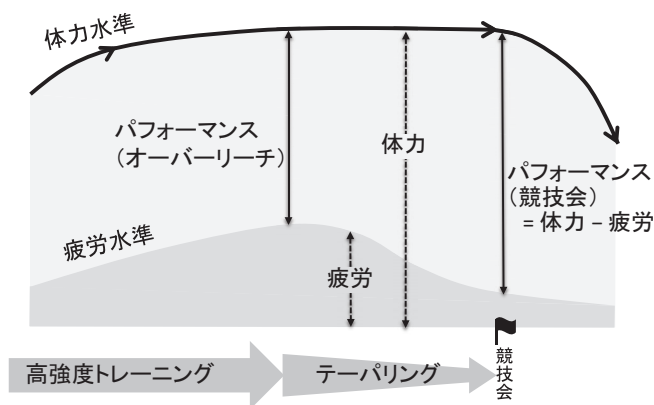


図4 テーパリング過程におけるパフォーマンス、体力、疲労の関係

やがてはオーバートレーニングに陥ることにもなりかねない。

図4のイメージに従えば、テーパリング期間での狙いは二つある。一つは、高めた体力水準をいかに長く保持できるか、二つ目は、疲労水準をいかに短時間で回復することができるか、である。この相反する課題の折り合った期間、すなわち体力と疲労の差分となるパフォーマンスが最大になったときが競技会に合致すれば、理想的なテーパリングとなる。したがってテーパリングは、単なる疲労回復手段というより、より積極的な戦略としての意味合いが強くなる。競技会への最終局面において、パフォーマンスを左右するトレーニング戦略と捉えられる。

以上、体力と疲労の2要因モデルからテーパリングを時間軸にそって構造化してみた。ただし、図4に示したテーパリングモデルがはたしてどの程度実態に即しているかは未知数であり、今後の検証を待たなければならない。再び村木の論述を援用すれば、「客観的で定量的な科学研究の情報を相互補完的に提供することで、真に有用なスポーツ理論を形成し得る」。そこで次に、体力及び疲労の2要因がテーパリングによってどのように応答するのか、これまでの研究成果を概括し、検討してみたい。

5「体力」要因

すでに述べた通り、テーパリングによる体力要因への効果は種々検討されているが、ここでは中長距離種目の代表的な体力要因である最大酸素摂取量を取りあげた。また、近年の研究から、筋線維組成がトレーニングおよびトレーニング休止によってかなりダイナミックに変化する可能性が示唆されており、これについても取り上げてみた。

5-1 最大酸素摂取量

種々のスポーツを対象にした研究報告では、テーパリングによって最大酸素摂取量が増加したというものと変化しなかったものに分かれる。例えば、トライアスロン選手を対象に2週間のテーパリングを行ったところ、ランニング(4%)および自転車(5%)のパフォーマンスが向上し、最大酸素摂取量は9.1%、無酸素性作業閾値は6%向上したという報告例がある(Zarkadas, 1995)。

一方、陸上中・長距離種目では、テーパリングによって最大酸素摂取量が向上したという報告はほとんど見られない。表1に示した研究例では、11例中7例に最大酸素摂取量の変化が報告されているが、いずれも有意な変化を認めていない。このことは、最大酸素摂取量が低下した事例も見られなかったことを意味するものでもある。テーパリングによる効果として、最大酸素摂取量は増加しないということより、トレーニング負荷を低下させているにもかかわらず、最大酸素摂取量は一定水準を保持できていることにこそ注目すべきであろう。仮にトレーニングを完全に休止(detaining)すれば、最大酸素摂取量は比較的短期間(4週間)で顕著に(10%)低下するからである(Mujika, 2000)。

最大酸素摂取量は、短期間で増加することはまずあり得ない。しかし、トレーニング停止で容易に低下する。したがって、最大酸素摂取量を一定期間維持させるためには、意図的、戦略的にテーパリングが行われなければならない。テーパリング期間としては、経験的にも実験結果から割り出しても、およそ2週間が基準となっている。トレーニング負荷の落とし方としては、量や頻度を50%程度にまで順次落として行く方法が標準的である。

しかし、こうしたスタンダードはあくまでも平均的な数値に過ぎない。実際に競技者がテーパリングを計画するとなると、自分自身のこうした持久力の消長特性、あるいはその時々々の競技者自身のコンディションを十分に理解していなければならない。ただし、実際のテーパリング中に必ずしも最大酸素摂取量の測定を行う必要はない。実際の競技会を通して得られた経験知に基づく感覚こそが重要であろう。トレーニングによって高めた自己の体力(持久力)水準をどれだけ維持できるかという感覚を、経験を通して洗練させて行くことの方が実効的であろう。

ところで、最近の研究によれば、筋繊維組成あるいは筋の収縮特性では休息自体に積極的な意味のあることが示唆されており、この点は最大酸素摂取量とかなり様相を異にする。そこで、この点について

も以下に触れておきたい。

5-2 筋繊維組成

骨格筋繊維は、収縮特性および代謝特性の違いから3種類のタイプに分類できる。すなわち、収縮速度は遅いが疲れにくいタイプⅠ繊維、収縮速度は速いが疲れやすいタイプⅡb繊維、両者の中間型のタイプⅡa繊維である。これらの筋線維のタイプ別の比率すなわち筋線維組成は、当然、筋の収縮速度や持久性に強く影響しスポーツパフォーマンスとも深くかかわってくる。瞬発力が要求される短距離走であれば、タイプⅡb繊維の比率が高いことが有利になり、持久性に優れる長距離走ではタイプⅠ繊維の比率が高いことが有利になる。従来は、こうした筋線維組成は遺伝的に決定され、トレーニングでは変化しないと考えられてきた。しかし近年の研究から、筋線維組成もトレーニングによって顕著に変わり得ることが明らかにされつつある。

とりわけ、筋力トレーニングとテーパリングの組み合わせによる興味深い結果が報告されている。Andersenら(2000)は、特にスポーツを行っていない人を対象としているが、高強度のレジスタンストレーニングを3か月間続けたのち3か月間休息をとり、その間の筋線維組成の変化を調べた(図5)。その結果、タイプⅠ繊維には変化が見られなかったが、レジスタンストレーニング後にタイプⅡa繊維が増え、タイプⅡb繊維は逆に減った。しかし興味深いことに、3か月間トレーニングを休止すると、タイプⅡa繊維の構成比が減り、その分タイプⅡb繊維の割合が増えたのである。この結果からすると、速筋線維の構成比は想像以上に流動的であり、筋力・パワー系種目では、競技会へ向けての最終局面では休息が重要な意味を持つことになる。こうした種目のテーパリングでは、疲労を軽減するためというだけでなく、筋組成の構成比を変化させるという積極的な意義が見出せる。ただしAndersenらの実験では、休息期間は3か月間と長く、休息期間にトレーニングで得られた筋力増加は次第に減少し以前の値に戻ってしまう。したがって、筋組成の変化と筋力低減との相反する2要因の折り合いのついた時点が至適なテーパリング期間ということになるだろう。

一方、長距離種目では筋線維のタイプ移行については明確な傾向は見られていない。ただし、Ludenら(2010)は長距離選手を対象に3週間のテーパリング効果を調べ、筋バイオプシーから得た単一筋線維の機能的な向上を観察している。パフォーマンスへの効果としては、8kmのクロスカントリーレース

での成績が3%向上した。テーパリング期間中の最大酸素摂取量に変化は見られない。筋機能としては、タイプⅡa繊維の断面積が7%増加し、また筋パワーではタイプⅠ繊維には変化が見られなかったがタイプⅡa繊維では11%のパワー増加が見られた。中長距離種目であれば、タイプⅡa繊維の機能向上がパフォーマンス向上に寄与する可能性は十分考えられる。

以上、筋力・パワー系種目および中長距離種目において、筋線維レベルにおけるテーパリング効果も示唆されている。中長距離種目について体力因子に関するテーパリング効果をまとめてみれば、一つは、主要な体力因子である持久力の水準を保持することである。もう一つは、筋機能向上を積極的に向上させるという可能性がある。近年、筋力トレーニングと持久性トレーニングを組み合わせることの効果が注目されているが(Leveritt, 1999; Garcia-Pallares, 2011)、以上の理由から、テーパリング期間中における両トレーニングの配分および配置がテーパリング効果に深くかかわってくることが考えられる。この分野の今後の研究成果を注目して行きたい。

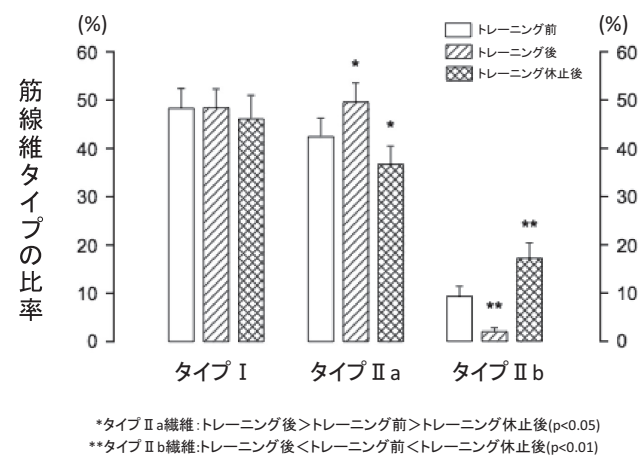


図5. レジスタンストレーニング前後およびトレーニング休止後の筋線維タイプの変化 (Andersen, 2000)

6 疲労要因

古くから、疲労はパフォーマンスの規定因子と捉えられてきたが、未だ議論の只中であってその全容は不明と言わなければならない。本稿で説明してきたパフォーマンスを体力と疲労の2要因で説明するモデルにおいても、まずは疲労本態の捉え方が問われる。言い換えると、テーパリング理論がより説得力を持つためには、さらなる疲労本態の解明が望ま

れるのである。ここでは、内分泌機能および免疫機能を疲労現象の題材にとり、テーパリング効果に関する最近の研究成果を概括しながら、その可能性を探ってみた。

6-1 内分泌機能

1990年代になって、テーパリング時の内分泌系および免疫系変化に注目した研究が見られるようになった。Costillら(1991)は、水泳選手を対象に14-21日間のテーパリングによって水泳パフォーマンスが向上(3-4%)したときのコルチゾール及びテストステロンの変化をみた。トレーニング期間中にはテストステロンが低下、コルチゾールは上昇し、テーパリングに入ると両パラメータは鏡像的に逆転し、トレーニングストレスの状況がよく反映されていることが確かめられた。その後多くの研究が重ねられ、内分泌機能、とりわけテストステロン(T)、コルチゾール(C)および両者の比(T/C)がオーバートレーニングを診断する上で有力な指標になることが明らかにされ、同時にテーパリングの重要な評価基準にもなった。また、トレーニング負荷をモニタする上でこれらのパラメータが利用されるようになっている(Mujika, 2004)。

こうした一連の研究の中でもBanfiら(1993)がイタリアのスピードスケート・ナショナルチームを対象に行ったフィールド研究はとりわけ興味深い。オリンピックを1年前に控えた年間トレーニングを追跡調査したもので、トレーニング負荷をテストステロン、コルチゾール、T/C比で継続してモニタした。注目したいのは、年間のトレーニングを通して、トレーニング負荷とこうした内分泌系パラメータの変動がよく対応していることである。そして、オリンピックを控えた1か月間前では、おそらくかなり追い込んだトレーニングによって体調を落とし(テストステロンは上がらず、コルチゾールが上昇)、そこからオリンピック本番までをテーパリング期間に当てている。残念ながら本論文では、この間の詳細が述べられていない。しかしその中のコメントで興味を引かれたのは、ベテラン選手ほどテーパリング期間での調整がうまく行われたということである。

テストステロン、コルチゾールは観血的な血液サンプルに代わり唾液サンプルによっても測定ができ、スポーツ現場でも簡便に利用できるようになったことから、今後の活用が期待される。

6-2 免疫機能

テーパリングが免疫機能に及ぼす影響を扱った研究はごく限られていたが、最近、Farhangimalekiら(2009)はエリート自転車選手を対象にテーパリング中の免疫系の変化を調べた。まず8週間の高強度のトレーニングを実施すると、骨格筋由来のサイトカイン(マイオカイン)であるインターロイキン6が顕著に上昇した。過剰な身体ストレスによって免疫機構が強く反応していることがわかる。次にその後3週間、高強度トレーニングをそのまま継続した群とトレーニング強度を軽減してテーパリングに移った群とを比較した。高強度トレーニング継続群のサイトカインはさらに上昇を続けたが、テーパリング群ではインターロイキン6も漸次低下し、テーパリングによって免疫機能が明らかに回復していることがわかる。この免疫機能の変化に呼応して、高強度トレーニング継続群では40kmのタイムトライアルの記録が頭打ちになって行ったのに対し、テーパリング群ではタイムトライアルの記録も順次伸びて行った。テーパリングはかなり短期的に免疫機能(疲労)を回復させることができるようである。そして、その免疫機能の回復はパフォーマンス向上に直接つながる可能性がある。

また、上気道感染症と運動との関係についても、近年多くの研究が報告されている。定期的な運動を行い健康や体力に自信がある人では風邪(上気道感染症)を引きにくいと言われる一方で、競技者は一般の人より風邪の罹患率が高いとも言われる。運動は、免疫機能の正負両面に関係しているようである。例えばマラソンのような長時間の激運動を続けた後には、10時間以上にわたって一時的に免疫機能が低下した状態が続き、これを「オープンウィンドウ」と呼ぶ。また、運動と上気道感染の関係を調べたところ、中等度の運動実施時に最も感染リスクが低く、運動不足時には感染リスクが高くなるが、高強度の運動では最も感染リスクが高くなる。この関係はちょうどJ型のカーブを描くことでよく知られる。

競技会へ向け高強度のトレーニングが行なわれる一方、それだけ免疫機能の低下は避けがたく、最終局面での回復をはからなければならない。その回復効果は競技成績に直接かかわってくるようであり、そこにテーパリングの積極的な意義が見出せる。これまで、風邪を引いたり、熱を出したり、下痢をしたりして体調を崩すことは、いわば偶発的な事故という認識が先にたち、トレーニング計画との関連で考慮されることが少なかったのではないだろうか。内分泌機能や免疫機能、総称すれば疲労という現象

はトレーニング計画の枠外で捉えてきた。したがって、テーパリングによる疲労軽減効果の検証は必ずしも十分ではなかった。その意味で、トレーニングと疲労の関係はなかなか経験知にもなりにくかった。現在、テーパリングに関する研究は体力要因に限らず、疲労要因についてもさまざまな分野にわたり多岐に行なわれるようになってきた。こうした研究の流れの中で、トレーニングと疲労との関係性により具体的なものが見えてくるのではないだろうか。

7 おわりに

近年、テーパリングに関する優れた研究報告や総説が多く見られるようになった。この分野の代表的な研究者の一人である Mujika ら (2003) は、望ましいテーパリングの方法を表2のようにまとめている。これまでのテーパリングに関する研究結果や実戦例を総括し、いわば平均的な方法として提示したものである。こうしたレビューが、しばしば望ましいテーパリング戦略であるとして推奨されている。しかし、これらはあくまでも平均値の羅列に過ぎない。確かに、テーパリングの全体像を把握するためには有益であろう。しかし、個々の競技者がテーパリングを計画する際には、実際の競技会を通して経験した知見を集約し、またその時の競技者自身のコンディションに合わせてテーパリング戦略を練るほかに方法はないだろう。テーパリングとは、それほど微妙なさじ加減を求められるものに違いない。その前提としてスポーツ現場で是非必要になるのが、テーパリングに対する確信である。また、その確信を支える実践的理論である。

テーパリングを実践するのは、意外に難しい。そこには多岐にわたる要因が関与し、しかもプラス要因とマイナス要因が混在しているからである。体調不良で入院し、退院直後に好記録を出した「ザトベック現象」を紹介した。風邪を引いて休んだあとに自己新記録を出したというエピソードもよく聞かれる。入院しなければ、あるいは風邪を引かなければ

表2 望ましいテーパリングの方法
(Mujika I, 2003)

テーパリング戦略
フィットネス低下がないように疲労を取り除く
トレーニング強度を維持する
トレーニング量を60-90%減少させる
トレーニング頻度は80%を維持する
テーパリング期間は4~28日

なお良い記録が出たと考えるか、休んだからこそ良い記録が出たと解釈するかで意見は分かれる。当然、テーパリングに対する姿勢も大きく異なる。プラス要因とマイナス要因とをどのように見極めるかが判断の分かれ目になる。そうした意味から、パフォーマンスを「体力」と「疲労」のプラス・マイナス2要因で説明するトレーニングモデルは実践的な発想と言える。本稿では、この2要因モデルに基づいてテーパリングの構造を考えてみた(図4)。今後の課題は、このテーパリングモデルの妥当性を競技現場で得られた経験知と科学研究のエビデンスの両面から検証して行くことである。そうした一連の作業を通して、はじめて実践的理論として役に立つものになるだろう。

従来のトレーニング科学は、体力要因に重きが置かれていたように思われる。それは扱いやすく認識しやすかったからでもある。しかし種々の研究が進むにつれ、疲労要因の重要性が否応なく注目されるようになってきた。そのことは、同時にテーパリングの意義を再認識することにもつながっている。ただし、疲労要因の解析はまだ緒についた段階に過ぎない。この分野の研究が進むことによって、はじめてテーパリング理論がより具体性を帯びた実践的理論に発展することができるのであろう。

文献

- Andersen JL and Aagaard P (2000) Myosin heavy chain IIX overshoot in human skeletal muscle. *Muscle Nerve*, 23:1095-104.
- Banfi G, Marinelli M, Roi GS, Agape V (1993) Usefulness of free testosterone/cortisol ratio during a season of elite speed skating athletes. *Int J Sports Med*, 14:373-9.
- Banister EW, Calvert TW, Savage MV, Bach TM (1975) A systems model of training for athletic performance. *Aust J Sports Med*, 7:57-61.
- Bosquet L (2007) Effects of tapering on performance: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 39:1358-65.
- Child RB, Wilkinson DM, Fallowfield JL (2000) Effects of a training taper on tissue damage indices, serum antioxidant capacity and half-marathon running performance. *Int J Sports Med*, 21:325-31.
- Costill DL, Thomas R, Robergs RA, Pascoe D,

- Lambert C, Barr S, Fink WJ(1991) Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Med Sci Sports Exerc*, 23:371-7.
- Farhangimaleki N, Zehsaz F, Tiidus PM(2009) The effect of tapering period on plasma pro-inflammatory cytokine levels and performance in elite male cyclists. *J Sports Sci and Med*, 8:600-606.
- Flynn MG, Pizza FX, Boone JB Jr, Andres FF, Michaud TA, Rodriguez-Zayas JR(1994) Indices of training stress during competitive running and swimming seasons. *Int J Sports Med*, 15:21-6.
- 福岡伸一 (2007) 生物と無生物のあいだ (講談社現代新書). 講談社
- Garcia-Pallares J and Izquierdo M(2011) Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Med*, 41:329-43.
- Harber MP, Gallagher PM, Creer AR, Minchev KM, Trappe SW(2004) Single muscle fiber contractile properties during a competitive season in male runners. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 287:R1124-31.
- Houmard JA, Costill DL, Mitchell JB, Park SH, Hickner RC, Roemmich JN(1990) Reduced training maintains performance in distance runners. *Int J Sports Med*, 11:46-52.
- Houmard JA, Scott BK, Justice CL, Chenier TC(1994) The effects of taper on performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 26:624-31.
- Houmard JA, Kirwan JP, Flynn MG, Mitchell JB(1989) Effects of reduced training on submaximal and maximal running responses. *Int J Sports Med*, 10:30-3.
- 猪飼道夫 (1973) 体力と疲労. 猪飼道夫編, 身体運動の生理学, 杏林書林, 334-354.
- Leveritt M, Abernethy PJ, Barry BK, Logan PA(1999) Concurrent strength and endurance training. A review. *Sports Med*, 413-27.
- Luden N, Hayes E, Galpin A, Minchev K, Jemiolo B, Raue U, Trappe TA, Harber MP, Bowers T, Trappe S(2010) Myocellular basis for tapering in competitive distance runners. *J Appl Physiol*, 108:1501-9.
- McConnell GK, Costill DL, Widrick JJ, Hickey MS, Tanaka H, Gastin PB(1993) Reduced training volume and intensity maintain aerobic capacity but not performance in distance runners. *Int J Sports Med*, 14:33-7.
- Meur YL, Hausswirth C, Mujika I(2012) Tapering for competition: A review. *Science & Sports*, 27:77-87.
- Morton RH, Fitz-Clarke JR, Banister EW(1990) Modeling human performance in running. *J Appl Physiol* (1985), 1171-7.
- Mujika I, Padilla S, Pyne D, Busso T(2004) Physiological changes associated with the pre-event taper in athletes. *Sports Med*, 891-927.
- Mujika I and Padilla S(2003) Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Med Sci Sports Exerc*, 35:1182-7.
- Mujika I and Padilla S(2000) Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports Med*, 30:79-87.
- 村木征人 (1994) スポーツ・トレーニング理論. ブックハウス HD
- Noakes TD(2001) Lore of running. *Human Kinetics*, Shepley B, MacDougall JD, Cipriano N, Sutton JR, Tarnopolsky MA, Coates G(1992) Physiological effects of tapering in highly trained athletes. *J Appl Physiol*, 72:706-11.
- Zarkadas PC, Carter JB, Banister EW(1995) Modelling the effect of taper on performance, maximal oxygen uptake, and the anaerobic threshold in endurance triathletes. *Adv Exp Med Biol*, 393:179-86. :179-86.
- Zatsiorsky VM and Kraemer WJ(1995) Science and Practice of Strength Training. *Human Kinetics*.